

**FORMATION OF SEMI-MOLTEN METAL**

Patent Number: JP10128516  
Publication date: 1998-05-19  
Inventor(s): ADACHI MITSURU; SATO SATOSHI; HARADA YASUNORI  
Applicant(s): UBE IND LTD  
Requested Patent: ☐ JP10128516  
Application Number: JP19960283947 19961025  
Priority Number(s):  
IPC Classification: B22D17/00; B22D21/04  
EC Classification:  
Equivalents:

---

**Abstract**

---

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a forming method of semi-molten metal which simply and surely crystallizes fine non-dendritic primary crystal in an alloy and press- forms by supplying the alloy into a metallic mold for forming after rapidly cooling while uniformly holding the temp. distribution of the alloy in a vessel.

**SOLUTION:** An exciting bar 20 is dipped into the alloy poured into the holding vessel 30 during pouring and excited while directly contacting to give the alloy vibration and then, the alloy is made to a liquid state having crystal nuclei at the liquidus line temp. or higher or to a solid-liquid coexisting state having crystal nuclei of forming temp. or higher at the liquidus line temp. or lower. Successively, while cooling the alloy to the forming temp. showing a prescribed liquid phase ratio in the holding vessel 30, this condition is held for 30sec-60min and then, after crystallizing the fine primary crystal in the alloy, the alloy is taken out from the holding vessel 30 and supplied into a metallic mold for forming and press-formed.

---

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-128516

(43) 公開日 平成10年(1998) 5月19日

(51) Int.Cl.<sup>8</sup>

識別記号

F I

B 2 2 D 17/00  
21/04

B 2 2 D 17/00  
21/04

Z  
A

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平8-283947

(22) 出願日 平成8年(1996)10月25日

(71) 出願人 000000206

宇部興産株式会社

山口県宇部市西本町1丁目12番32号

(72) 発明者 安達 充

山口県宇部市大字小串字沖の山1980番地

宇部興産株式会社機械・エンジニアリング

事業本部内

(72) 発明者 佐藤 智

山口県宇部市大字小串字沖の山1980番地

宇部興産株式会社機械・エンジニアリング

事業本部内

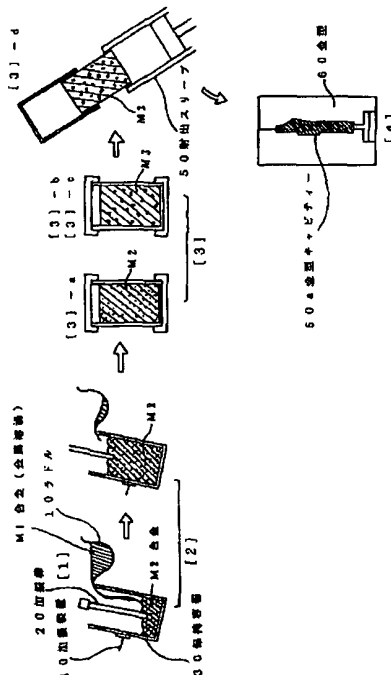
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半熔融金属の成形方法

(57) 【要約】

【課題】 簡便かつ確実に、非樹枝状晶の微細な初晶を該合金中に晶出させ、かつ該容器内の合金の温度分布を均一に保持して急速に冷却した後、該合金を成形用金型に供給して加圧成形する半熔融金属の成形方法を提供するものである。

【構成】 保持容器内に注湯する合金に、注湯中加振棒を浸漬して直接接触させながら該加振棒を加振して該合金に振動を与えることにより、液相線温度以上で結晶核を有する液体状態の合金または液相線以下で成形温度以上の結晶核を有する固液共存状態の合金にし、引き続き所定の液相率を示す成形温度まで該合金を前記保持容器内で冷却しつつ30秒～60分間保持することにより、該合金中に微細な初晶を晶出させた後、該保持容器から該合金を取り出して成形用金型に供給して加圧成形する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 保持容器内に注湯され蓄えられていく合金に、注湯中加振棒を浸漬して直接接触させながら該加振棒を加振して該合金に振動を与えることにより、液相線温度以上で結晶核を有する液体状態の合金または液相線以下で成形温度以上の結晶核を有する固液共存状態の合金にし、

引き続き所定の液相率を示す成形温度まで該合金を前記保持容器内で冷却しつつ30秒～60分間保持することにより、該合金中に微細な初晶を晶出させた後、該保持容器から該合金を取り出して成形用金型に供給して加圧成形することを特徴とする半熔融金属の成形方法。

【請求項2】 保持容器に注湯中、加振棒を加振するとともに該保持容器に振動を与える請求項1記載の半熔融金属の成形方法。

【請求項3】 加振棒は、金属製、非金属製、非金属をコーティングした金属製のいずれかとし、かつ、該加振棒の内部あるいは外部から該加振棒を冷却することができるようにした請求項1または請求項2記載の半熔融金属の成形方法。

【請求項4】 注湯される合金の温度は、液相線温度に対して過熱度が50℃未満に保持した請求項1ないし請求項3記載の半熔融金属の成形方法。

【請求項5】 成形用金型に供給される合金の液相率が1.0%以上で、かつ、75%未満とした請求項1ないし請求項4記載の半熔融金属の成形方法。

【請求項6】 合金を最大固溶限内組成のアルミニウム合金、または、最大固溶限以上の組成の亜共晶アルミニウム合金とした請求項1または請求項2記載の半熔融金属の成形方法。

【請求項7】 合金を最大固溶限内組成のマグネシウム合金とした請求項1または請求項2記載の半熔融金属の成形方法。

【請求項8】 アルミニウム合金を、Bを0.0001%～0.01%、Tiを0.005%～0.3%を添加したアルミニウム合金とした請求項6記載の半熔融金属の成形方法。

【請求項9】 マグネシウム合金を、Srを0.005%～0.1%添加したマグネシウム合金、Siを0.01%～1.5%およびSrを0.005%～0.1%添加したマグネシウム合金、またはCaを0.05%～0.30%添加したマグネシウム合金のいずれかとした請求項7記載の半熔融金属の成形方法。

【請求項10】 少なくとも保持容器の上部、下部のいずれかを保温または該保持容器中央部に比べて高温に加熱した請求項1ないし請求項9記載の半熔融金属の成形方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は半熔融金属の成形方

法に係り、特に保持容器内に注湯され蓄えられていく合金に振動を与え、引き続き所定の液相率を示す成形温度まで該合金を前記保持容器内で冷却しつつ一定時間保持することにより、該合金液中に微細な初晶を晶出させたうえ、成形用金型に供給して加圧成形する半熔融金属の成形方法に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 チクソキャスト法は、従来の鋳造法に比べて鋳造欠陥や偏析が少なく、金属組織が均一で、金型寿命が長いことや成形サイクルが短いなどの利点があり、最近注目されている技術である。この成形法（A）において使用されるビレットは、半熔融温度領域で機械攪拌や電磁攪拌を実施するか、あるいは加工後の再結晶を利用することによって得られた球状化組織を特徴とするものである。これに対して、従来鋳造法による素材を用いて半熔融成形する方法も知られている。これは、たとえば、等軸晶組織を発生しやすいマグネシウム合金においてさらに微細な結晶を生じさせるためにZrを添加する方法（B）や炭素系微細化剤を使用する方法（C）であり、またアルミニウム合金において微細化剤としてAl-5%Ti-1%B母合金を従来の2倍～10倍程度添加する方法（D）であり、これら方法により得られた素材を半熔融温度域に加熱し初晶を球状化させ成形する方法である。また、固溶限以内の合金に対して、固相線近くの温度まで比較的急速に加熱した後、素材全体の温度を均一にし局部的な溶解を防ぐために、固相線を超えて材料が柔らかくなる適当な温度まで緩やかに加熱して成形する方法（E）が知られている。一方、ビレットを半熔融温度領域まで昇温し成形する方法と異なり、球状の初晶を含む融液を連続的に生成し、ビレットとして一旦固化することなく、そのままそれを成形するレオキャスト法（F）が知られている。また、冷却体および傾斜冷却体に熔融金属を接触させて得られた少なくとも一部が固液共存状態である金属を半熔融温度域に保持することによりレオキャスト用スラリを得る方法（G）が知られている。さらに、ビレットケースに収容された溶湯に容器外部から、あるいは、容器の中に直接、超音波振動を付与しながら冷却し、半凝固ビレットを製造し、引き続き成形する鋳造（H）が知られている。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、上述した（A）の方法は攪拌法や再結晶を利用する方法のいずれの場合も煩雑であり、製造コストが高くなる難点がある。また、マグネシウム合金においては（B）の方法の場合には、Zrが高く、コスト的に問題であり、（C）の方法では、炭化物系微細化剤を使用してその微細化効果を十分に発揮させるためには、酸化防止元素であるBeを、たとえば、7ppm程度に低く管理する必要があり、成形直前の加熱処理時に酸化燃焼しやすく、作業上不都合である。

【0004】一方、アルミニウム合金においては、単に微細化剤を添加するだけでは $500\mu\text{m}$ 程度であり、 $100\mu\text{m}$ 以下の微細な結晶粒の組織を得ることは容易ではない。このため、多量に微細化剤を添加する方法

(D)があるが、微細化剤が炉底に沈降しやすく工業的には難しく、かつコストも高い。さらに(E)の方法では、固相線を超えてから緩やかに加熱して素材の均一加熱と球状化を図ることを特徴とするチクソ成形法が提案されているが、通常のデンドライト組織を加熱してもチクソ組織(初晶デンドライトが球状化されている)には変化しない。

【0005】しかも(A)～(E)のいずれのチクソ成形法においても半熔融成形するために、一旦液相を固化しそのビレットを再度半熔融温度領域まで昇温する必要があり、従来鋳造法に比べてコスト高になる。また、

(F)の方法では、球状の初晶を含む融液を連続的に生成供給するため、コスト的、エネルギー的にもチクソキャストよりも有利であるが、球状組織と液相からなる金属原料を製造する機械と最終製品を製造する鋳造機との設備的連動が煩雑である。(G)の方法では、次のような問題点がある。傾斜冷却体を用いた場合、傾斜冷却体上に発生した結晶核を含む金属が後から流れてくる金属により逐次流されるため、半熔融温度域に該金属を保持することにより微細な結晶を含むスラリが得られるが、傾斜冷却体に金属が付着したり、付着しない場合でも傾斜冷却体上に金属が残存したりして、そのため傾斜冷却体通過時の金属の温度を低くすることができないという問題がある(冷却体通過時の温度が液相線温度よりも低くなるほど、微細な結晶の金属が得られるため、冷却体通過時の金属の温度を低くしたい)。また、冷却体を液体状態の金属に単に接触させた場合、凝固層が冷却体周囲に出来たり、凝固層を生成しないうちに液体状態の金属から冷却体を非接触状態にすると微細な結晶が得られない。(H)の方法では、ビレットケースに溶湯を入れた後に、その溶湯に直接あるいは間接に超音波振動を付与しながら冷却し、具体的には振動により攪拌し溶湯を微細化すること、攪拌が終了すると発振装置を引き上げることが記載されているが、下記のような問題点がある。

① 溶湯攪拌による微細化が期待できるのは、凝固の初期であり、一旦、ケース内面、湯面に安定な凝固殻が形成されたり、湯温低下に伴ない粘性が上がれば、攪拌が難しく、微細化しにくい。このため、短い時間で半凝固金属を得ようとする場合、振動付与時間が短くなり、半熔融成形に適した微細な球状の組織は得にくく、デンドライト状の組織が多く認められる。

② 大容量の半凝固金属を製造する場合、均一で微細な組織が得にくい。

③ 注湯後、容器上部を保温せずに加振装置を溶湯内に入れているために、加振棒を囲むように低液相率の相や凝固殻が出来やすく、また、加振棒を引き上げても湯面

の温度低下は大きく、そのままダイカスト機で成形すれば、不均一な組織となりやすい。

【0006】本発明は、上述の従来の各方法の問題点に着目し、ビレットを使用することなく、しかも煩雑な方法を探ることなく、簡便容易に、球状化した初晶を含む均一な組織を有する半熔融金属を得て、加圧成形する方法を提供することを目的とするものである。

【0007】

【課題を解決するための手段】このような問題を解決するために、本発明においては、第1の発明では、保持容器内に注湯され蓄えられていく合金に、注湯中加振棒を浸漬して直接接触させながら該加振棒を加振して該合金に振動を与えることにより、液相線温度以上で結晶核を有する液体状態の合金または液相線以下で成形温度以上の結晶核を有する固液共存状態の合金にし、引き続き所定の液相率を示す成形温度まで該合金を前記保持容器内で冷却しつつ30秒～60分間保持することにより、該合金中に微細な初晶を晶出させた後、該保持容器から該合金を取り出して成形用金型に供給して加圧成形するようにした。

【0008】また、第2の発明では、第1の発明における保持容器に注湯中、加振棒を加振するとともに該保持容器に振動を与えるようにした。また、第3の発明では、加振棒は、金属製、非金属製、非金属をコーティングした金属製のいずれかとし、かつ、該加振棒の内部あるいは外部から該加振棒を冷却することができるようにした。さらに第4の発明では、注湯される合金の温度は、液相線温度に対して過熱度が $50^{\circ}\text{C}$ 未満に保持した。また、第5の発明では、成形用金型に供給される合金の液相率が1.0%以上で、かつ、75%未満とした。さらに、第6の発明では、合金を最大固溶限内組成のアルミニウム合金、または、最大固溶限以上の組成の亜共晶アルミニウム合金とした。そして、第7の発明では、合金を最大固溶限内組成のマグネシウム合金とした。

【0009】また、第8の発明では、アルミニウム合金を、Bを0.0001%～0.01%、Tiを0.005%～0.3%を添加したアルミニウム合金とした。さらに、第9の発明では、マグネシウム合金を、Srを0.005%～0.1%添加したマグネシウム合金、Siを0.01%～1.5%およびSrを0.005%～0.1%添加したマグネシウム合金、またはCaを0.05%～0.30%添加したマグネシウム合金のいずれかとした。そして、第10の発明では、少なくとも保持容器の上部、下部のいずれかを保温または該保持容器中央部に比べて高温に加熱した。

【0010】

【発明の実施の形態】保持容器内に注湯され蓄えられていく合金に加振棒を浸漬して直接接触させながら加振棒を加振して該合金を振動させ、注湯完了後に加振棒を合

金より離脱し、得られた結晶核を有する液相線温度以上で結晶核を有する液体状態の合金または液相線以下で成形温度以上の結晶核を有する固液共存状態の合金にし、引き続き所定の液相率を示す成形温度まで該合金を前記保持容器内で冷却しつつ30秒～60分間保持することにより、該合金中に微細な初晶を晶出させた後、該保持容器から該合金を取り出して成形用金型に供給して加圧成形することにより、均質な組織を有する優れた成形体が得られる。

#### 【0011】

【実施例】以下図面に基つて本発明の実施例の詳細について説明する。図1～図9は本発明の実施例に係り、図1は最大固溶限以上の組成の亜共晶アルミニウム合金の半溶融金属の成形方法を示す工程説明図、図2は最大固溶限内組成のマグネシウム合金あるいはアルミニウム合金の半溶融金属の成形方法を示す工程説明図、図3は球状初晶の生成から成形までの工程説明図、図4は図3に示した各工程の金属組織の模写図、図5は代表的なアルミニウム合金であるAl-Si系合金の平衡状態図、図6は代表的なマグネシウム合金であるMg-Al系合金の平衡状態図、図7は本発明例の成形体の金属組織を示す顕微鏡写真の模写図、図8および図9は比較例の成形品の金属組織を示す顕微鏡写真の模写図である。

【0012】本発明においては、図1、図2、図3、図5、図6に示すように、まず、液相線温度に対して過熱度が50℃未満に保持された最大固溶限以上の組成の亜共晶アルミニウム合金あるいは最大固溶限内組成のマグネシウム合金、アルミニウム合金の溶湯を、保持容器に注湯しつつ加振棒を保持容器内の合金中へ浸漬して合金と直接接触させながら加振棒を加振することにより合金に振動を与え、注湯完了後直ちに加振棒を引き上げることにより合金より離脱させる。この注湯中に、加振棒ばかりでなく保持容器にも振動を与えることが望ましい。

【0013】このようにして、液相線温度以上で結晶核を有する液体状態の合金または液相線以下で成形温度以上の結晶核を有する固液共存状態の合金にし、引き続き所定の液相率を示す成形温度まで該合金を前記保持容器内で冷却しつつ30秒～60分間保持することにより、該合金中に微細な初晶を晶出させた後、該保持容器を天地反転するなどして該保持容器から該合金を取り出して成形用金型に供給して加圧成形するようにした。ここで、「所定の液相率」とは、加圧成形に適する液相の量比を意味し、ダイカスト鑄造、スクイズ鑄造などの高圧鑄造では、液相率は75%未満、好ましくは40%～65%とする。40%未満では保持容器30からの取り出しが容易でなく、また取り出された素材の成形性が劣る。一方、75%を超える場合は素材が軟らかいためハンドリングが難しいばかりでなく、ダイカスト機の金型内溶融金属を射出するための射出スリーブへの挿入時に周辺空気を巻き込み、あるいは成形された鑄造品の金属

組織に偏析が発生して均一な組織が得にくいなどの問題がある。このため、75%以下、好ましくは65%以下とする。押出法や鍛造法では、1.0%～70%、好ましくは10%～65%とする。70%を超える場合は、組織の不均一が生じる惧れがある。このため、70%以下、好ましくは65%以下とする。また、1.0%未満では変形抵抗が高いので、1.0%以上とする。なお、40%未満の液相率の合金を用いて押出法や鍛造法を行なう場合、40%以上の液相率で該合金を容器から取り出し、その後、40%未満に液相率を下げる。

【0014】本発明でいう「保持容器」とは、金属製容器または非金属製容器（セラミック容器も含む）とするか、あるいは、非金属材料を表面に塗布またはコーティングした金属製容器、もしくは非金属材料を複合させた金属製容器とする。非金属材料を金属製容器の表面に塗布するのは、メタルの付着防止に効果的である。また、保持容器を加熱する手段として、保持容器の内部あるいは外部をヒータで加熱する方法以外に、導電性の容器を用いた場合は高周波誘導加熱の方法によって加熱してもよい。また、本発明の「保持容器内に注湯され蓄えられていく合金に加振棒を合金中へ浸漬して直接接触させながら加振棒へ振動を与える」とは、たとえば、ラドルから保持容器へ注湯され、保持容器内へ蓄えられていく合金の中に加振棒を浸し、かつ、加振棒を加振してその振動を蓄えられていく合金に与えることを意味し、保持容器内へ入れられた加振棒に注湯するというのではない。本発明では、保持容器内へ入れられた後にたまりつつある液体合金中に加振棒を入れて振動を合金へ伝えるものである（なお、注湯作業が完了すると同時に加振棒は、合金から直ちに離脱させる）。なお、本発明の「振動」とは、振動発生装置の種類、振動条件（周波数、振幅）を限定するものでないが、市販のエア式振動装置、電動式振動装置でもよく、また使用される振動条件としては、たとえば、周波数は10ヘルツ～50kヘルツ、好ましくは50ヘルツ～1kヘルツ、片振幅は1mm～0.1μm、好ましくは500μm～10μmが望ましい。

【0015】具体的には以下のとおりの手順により作業を進める。図3および図4の工程[1]においてラドル10内に入れられた完全液体である合金M<sub>1</sub>を、工程[2]において保持容器（セラミック容器もしくはセラミックコーティング金属容器）30に注湯しつつ、合金M<sub>1</sub>の中に加振棒20を浸漬し合金M<sub>1</sub>に直接接触させながら加振棒20を加振して該合金M<sub>1</sub>に振動を与え、また、注湯中、必要に応じて保持容器30にも振動装置40により振動を与え、注湯完了後加振棒20を合金M<sub>2</sub>より引き上げることにより、液相線近傍の液体状態の合金M<sub>2</sub>、あるいは、固液共存状態の合金M<sub>2</sub>に結晶核を発生させる。次に、工程[3]において該合金M<sub>2</sub>を、必要に応じて少なくとも上部、下部のいずれかを保温も

しくは該保持容器中央部に比べて高温に加熱した保持容器30において半溶融状態で保持し、導入された結晶核から微細な球状（非デンドライト状）の初晶を生成させる。このようにして得られた所定の液相率を有する合金 $M_3$ を、例えば[3]-dのように保持容器30を反転し、ダイキャストの射出スリーブ50に所定の液相率で挿入した後、ダイカストマシンの金型キャビティ60a内で加圧成形して成形品を得る。

【0016】図1、図2、図3、図4に示す本発明と、従来のチクソキャスト法やレオキャスト法の違いは図より明かである。すなわち、本発明では、従来法のように半溶融温度領域で晶出したデンドライト状の初晶を機械攪拌や電磁攪拌で強制的に破碎球状化することなく、半溶融温度領域における温度低下とともに液中に導入された結晶核を起点として晶出、成長する多数の初晶が合金自身が持っている熱量により（必要に応じて外部から加熱保持されることも有り得る）、連続的に球状化されるものであり、また、チクソキャスト法におけるビレットの再昇温による半溶融化の工程が省かれているため極めて簡便な方法である。上述した各工程、すなわち、図3に示す保持容器30への注湯工程、初晶の生成、球状工程、成形工程のそれぞれにおいて設定された振動条件、球状化条件および成形条件や本発明で示した数値限定理由について以下に説明する。

【0017】保持容器30に注湯される溶湯の温度が、液相線温度に対して50℃以上高ければ、(1)結晶の核発生が少なく、しかも、(2)容器に注がれた時の合金の温度が液相線よりも高いために残存する結晶核の割合も少なく、初晶のサイズが大きく、不定形のデンドライトが発生する。このため、注湯温度は液相線に対する過熱度を50℃未満とし、また液相線温度に対する過熱度を30℃未満とすることにより、より微細な初晶サイズとすることができる。保持容器30に注湯された合金 $M_1$ が、成形に適した液相率を示すまで冷却される際に、容器上部および容器下部が加熱もしくは保温されない場合、該容器30の上部および／あるいは下部の合金 $M_1$ の表皮部にデンドライト状の初晶が発生したり、凝固層が成長し容器内の金属の温度分布も不均一になるため、保持容器から合金を反転してとり出す場合、保持容器から所定の液相率の合金を排出出来なかったり、保持容器30内部に凝固層が残り連続成形が困難になりやすい。このため、注湯後成形温度までの保持時間が短い場合、冷却過程では容器上部および容器下部を容器中央部より加熱したり、あるいは、保温し、必要に応じて注湯後の冷却過程だけでなく、注湯前にあらかじめ該容器の上部、下部を加熱しておく。

【0018】保持容器30は、注湯された合金を所定の液相率を示す成形温度まで冷却しながら所定の時間保持できるものであれば、保持容器の材質を限定する必要はないが、容器内の合金を5分以内の短時間に冷却する場

合は、熱伝導率が1.0kcal/mhr℃以上の材質のものが好ましい。金属性の保持容器を使用する場合は、該容器の表面に非金属性物質（例えばBN、黒鉛など）を塗布することが好ましい。塗布する方法は機械的、化学的、物理的方法のいずれでも構わない。また、通気性のある容器を容器30として使用する場合、あるいは、長時間保持される場合、マグネシウム合金およびアルミニウム合金は酸化しやすいため、容器外部を所定の雰囲気（不活性雰囲気、減圧雰囲気など）にすることが好ましい。また金属性容器を使用する場合においても、マグネシウム合金は酸化しやすいので不活性雰囲気やCO<sub>2</sub>雰囲気にすることが望ましい。また、酸化防止を図るためにあらかじめ金属溶湯にマグネシウム合金ではBe、Caを、アルミニウム合金ではBeを添加することが出来る。なお、容器30の形状は筒状に限定されるものではなく、その後の成形法に適した形状が可能である。その保持容器30における保持時間が30秒未満であれば、希望する液相率を示す温度にすることが容易でなく、また球状の初晶を生成することが困難である。一方、保持時間が60分を超えると、生成した球状初晶や共晶組織が粗くなり、機械的性質が低下する。このため、保持時間は30秒～60分とする。

【0019】容器内合金に対して加振棒20、振動装置40により振動を与えることにより、結晶核を多数含む液相線温度以下の半溶融合金および液相線温度以上の合金を得ることは可能であるが、より均一で微細な球状組織を得るためにアルミニウム合金においてはTi、Bを添加し、マグネシウム合金においてはSr、Si、Caを添加する。Tiが0.005%～0.30%を超えれば粗大なTi化合物が発生し延性が低下するので、Tiは0.005%～0.30%とする。BはTiと相まって微細化を促進するが、0.001%未満であれば微細化効果は小さく、0.01%を超えて添加してもそれ以上の効果を期待できないのでBは0.001%～0.01%とする。Srが0.005%未満であれば微細化効果は小さく、0.1%を超えて添加してもそれ以上の効果を期待できないので、Srは0.005%～0.1%とする。0.005%～0.1%のSrに0.01%～1.5%のSiを複合添加することにより、Sr単独添加よりもさらに微細な結晶粒が得られる。Caが0.05%未満では微細化効果は小さく、0.30%を超えて添加してもそれ以上の効果を期待できないのでCaは0.05%～0.30%とする。

【0020】注湯される合金に結晶核を与えるために加振棒20を使用するが、連続的に加振棒20を使用し、かつ結晶を多数発生させるために内部あるいは外部から冷却できるものであること、加振棒20の表面に非金属性物質を塗布することが好ましい。なお、振動をさせないで内部から冷却できる冷却棒を単に使用した場合は、たとえ非金属性物質を塗布していても、注湯された合金

から冷却棒を引き上げた時、冷却棒表面に凝固層が多量に付着したり、樹枝状晶が保持容器内の合金中に多数認められたりする。このため、冷却棒を溶湯に接触させる場合には、この冷却棒を振動するようにして加振棒とする。加振棒20を使用すれば、保持容器内部の合金に微細な初晶を晶出させることは出来る。しかし、保持容器30に接触する部分に樹枝状晶が発生することがある。

このため、注湯中、保持容器30に振動を与えることが望ましい。なお、注湯した後に、加振棒20を用いて、あるいは保持容器30を振動して保持容器30内の合金を振動しても、半溶融成形に適する微細な結晶は得られないので、注湯中に加振する。

【0021】

【表1】

No.	鋳造温度 度(℃)	加振 棒の振 動の有 無	保持 容器の振 動の有 無	容器内 メタル 温度 (℃)	保持 時間 (分)	成形 前の液 相率 (%)	保持 容器の材 質	保持 の温調		成形前 メタル 内のく ばりの 有無	成形前 メタル の温度 分布	成形材の品質			備 考	
								上 部	下 部			空気 巻き 込み	不定 形初 晶の 量	偏 析		初 晶 サイズ (μm)
1	AC4CH	630	有	有	610	3.5	6.0	S	保温	保温	無	○	○	○	110	
2	AC4CH	620	有	有	608	3.0	6.0	S	保温	保温	無	○	○	○	100	
3	AC4CH	620	有	無	608	3.3	5.5	S	加熱	保温	無	○	○	○	105	
4	AC4CH	640	有	有	617	4.0	6.0	S	保温	加熱	無	○	○	○	120	
5	AC4CH+0.003B	620	有	有	609	3.0	6.0	S	保温	保温	無	○	○	○	97	
6	AZ91	615	有	有	582	2.5	6.0	S	保温	保温	無	○	○	○	95	
7	AZ91+0.4Si+0.01Sr	615	有	有	590	2.5	6.0	S	保温	保温	無	○	○	○	90	
8	AZ91+0.15Ca	625	有	有	595	2.7	6.0	S	保温	保温	無	○	○	○	85	
9	AC7A	645	有	無	630	3.7	5.0	S	保温	保温	無	○	○	○	95	
10	AC4CH	620	有	無	612	6.0	7.0	C	—	—	無	○	○	○	115	
11	AC4CH	630	有	無	619	7.5	4.5	C	保温	—	無	○	○	○	120	押出法による
12	AC4CH	680	有	有	640	10.0	6.0	S	保温	保温	無	○	×	×	350	鋳造温度が高い
13	AC4CH	630	有	有	610	3.5	6.0	S	保温	保温	無	○	×	×	230	加振棒の振動無し
14	AC4CH	630	有	無	610	75.0	6.0	C	保温	保温	無	○	×	×	310	保持時間長い
15	AC4CH	625	—	無	620	4.5	6.0	S	保温	保温	無	○	×	×	250	加振棒なし
16	AC4CH	630	有	有	610	1.5	8.0	S	保温	保温	無	○	×	○	75	液相率高い
17	AC4CH	630	有	有	610	3.0	5.5	S	保温	保温	有	×	×	×	120	注湯完了後20秒後取出
18	AC4CH	640	有	有	618	3.6	0.5	S	保温	保温	有	○	○	○	130	押出法 43
19	AZ91	615	無	無	590	2.0	5.5	S	保温	保温	無	○	×	×	180	加振棒振動無し
20	AC4CH	630	有	有	610	2.5	6.0	S	—	—	無	○	×	×	100	上部、下部保温なし

注記① 融点 AC4CH Al-7KSi-0.35Mg-0.15Ti: 815℃  
AZ91 Mg-9XA1-0.7%Zn-0.2%Mn 595℃  
AC7A Al-5Mg-0.4%Mn 635℃

② 振動: 100Hz、0.1mm  
③ 温度分布: 良○、悪×

④ 空気巻き込み: 少ない○、多い×

注記2 \* 1 容器内メタル温度: 注湯完了直後のメタルの温度  
たばに出来た穴

⑤ 不定形の初晶；少ない○、多い×  
⑥ 偏析；少ない○、多い×  
⑦ 容器内くぼみ；加振棒をひき上げた後に出来た穴

② 振動；100Hz、0.1mm  
③ 温度分布；良○、悪×  
④ 空気巻き込み；少ない○、多い×

① 融点  
② 熱伝導率(500℃)kcal/m<sup>2</sup>・h<sup>2</sup>・℃

注記2 \*1 容器内メタル温度；注湯完了直後のメタルの温度  
\*2 容器の材質；S：鋼、C：セラミック

\*3 通常の固体成形と同じ加圧力が必要

【0022】表1に成形前の半溶融金属の条件および成形材の品質を示す。成形は図3に示すように、半溶融金属を射出スリーブ50に挿入し、その後スクイズ鋳造機を用いて行なった。成形条件は、加圧力950kgf／

cm<sup>2</sup>、射出速度0.5m/s、鋳造品重量(ピケット含む)1.5kg、金型温度230℃とした。ただし、表1中、no.11、no.18は押出機を用いて成形したときの成形材の品質およびそれを成形したとき

に使用した半熔融金属の条件を示している。成形は、所定の液相率の半熔融金属をコンテナに挿入し、その後、押出成形を行なった。成形条件は、以下のとおりである。

① 押出機仕様；800t、押出速度（製品速度）；80m/min

② 押出ピレット直径；75mm、押出比；20

【0023】比較例12では、鑄造温度が高すぎるために保持容器内において残存する結晶核がほとんどないために、微細な球状の初晶が得られず不定形の初晶しか得られない。比較例13および比較例19では、加振棒の振動がないため、図9に示すように不定形の樹枝状晶が多数発生する。比較例14では、保持時間が長いために球状の初晶サイズが大きくなる。比較例15では加振棒がないため、図8に示すように不定形の樹枝状晶が発生したり、粗大な球状の初晶が発生する。比較例16では成形前の液相率が高いために、スリーブに半熔融合金を挿入する時に空気が巻き込んだり、鑄造品内部に偏析が多く発生する。比較例17では注湯完了後加振棒の取り出し時間が遅かったために、加振棒20の回りに凝固層ができることから樹枝状晶が発生したり、鑄造品内部に不均一な組織が生成されたりする。比較例20では保持容器の上部、下部に全く保温しないで急速に冷却したために、不定形の樹枝状晶は少ないが保持容器の上部、下部に凝固層が出来たりして、保持容器からの半熔融合金の排出が困難である。比較例18では、押出成形時の液相率が0.5%（表1中には記載されていないが、容器30から取り出す半熔融合金の液相率は55%である）であるために、固体状態の合金を成形する場合とほとんど同じ加圧力が必要である。

【0024】一方、本発明例1～本発明例11では、図7に示すように、不定形の樹枝状晶は認められず、微細な球状の初晶を有する均質な組織の成形体を得られる。

【0025】

【発明の効果】以上説明したことから明らかなように、本発明に係る半熔融金属の成形方法では、保持容器内に注湯され蓄えられていく合金に、注湯中加振棒を浸漬して直接接触させながら該加振棒を加振して該合金に振動を与えることにより、液相線温度以上で結晶核を有する液体状態の合金または液相線以下で成形温度以上の結晶核を有する固液共存状態の合金にし、引き続き所定の液

相率を示す成形温度まで該合金を前記保持容器内で冷却しつつ30秒～60分間保持することにより、該合金中に微細な初晶を晶出させた後、該保持容器から該合金を取り出して成形用金型に供給して加圧成形することとしたので、従来の機械攪拌法や電磁攪拌法によらず、簡便容易に、かつ、低コストで微細かつ球状の組織を有する成形体を得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る最大固溶限以上の組成の亜共晶アルミニウム合金の半熔融金属の成形方法を示す工程説明図である。

【図2】本発明に係る最大固溶限内組成のマグネシウム合金あるいはアルミニウム合金の半熔融金属の成形方法を示す工程説明図である。

【図3】本発明に係る球状初晶の生成から成形までの工程説明図である。

【図4】図3に示した各工程の金属組織の模写図である。

【図5】本発明に係る代表的なアルミ合金であるAl-Si系合金平衡状態図である。

【図6】本発明に係る代表的なマグネ合金であるMg-Al系合金平衡状態図である。

【図7】本発明例の成形品（AC4CH合金）の金属組織を示す顕微鏡写真の模写図である。

【図8】比較例の成形品（AC4CH合金、加振棒なし）の金属組織を示す顕微鏡写真の模写図である。

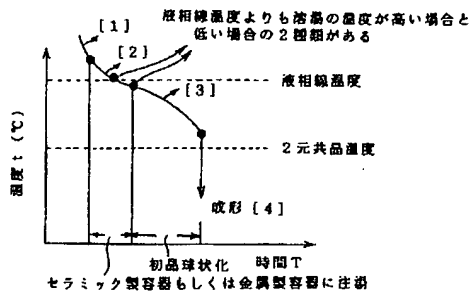
【図9】比較例の成形品（AC4CH合金、冷却棒あり、振動なし）の金属組織を示す顕微鏡写真の模写図である。

【符号の説明】

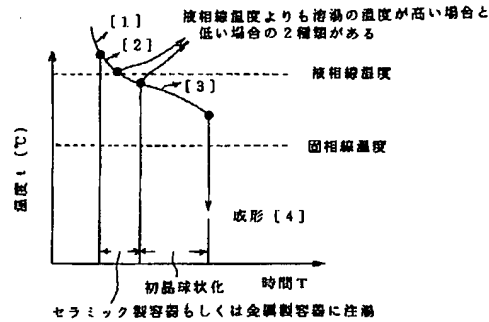
- 10 ラドル
- 20 加振棒
- 30 保持容器（金属容器もしくは非金属容器）
- 40 加振装置
- 50 射出スリーブ
- 60 金型
- 60a 金型キャビティ
- 70 保温材
- M 溶湯金属
- T 保持時間
- t 容器内メタル温度



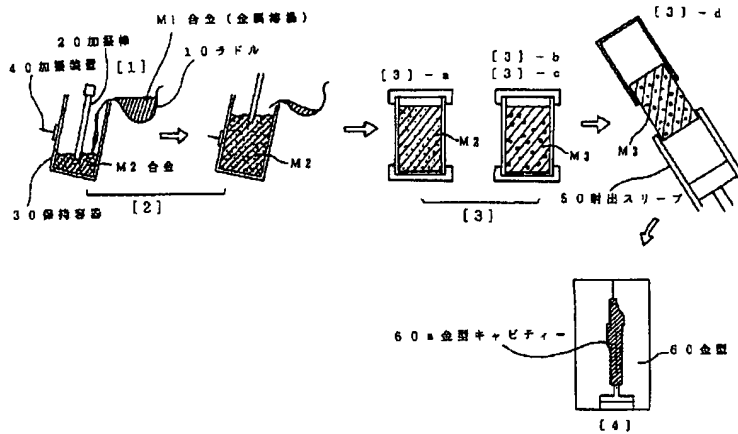
【図1】



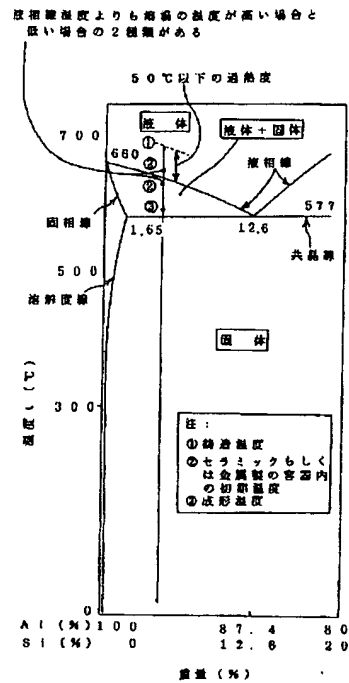
【図2】



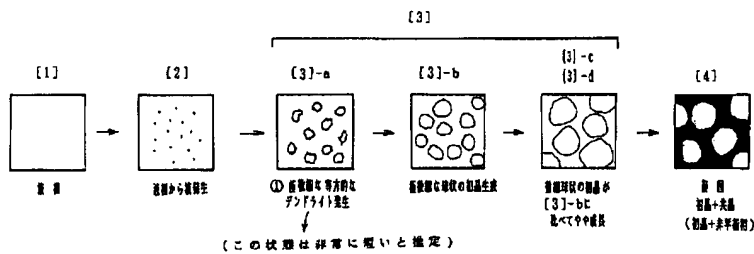
【図3】



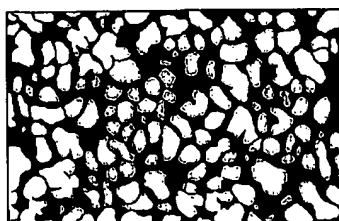
【図5】



【図4】



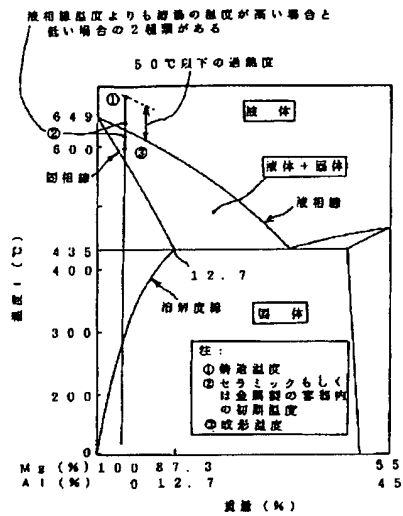
【図7】



【図8】



【図6】



【図9】



フロントページの続き

(72)発明者 原田 康則  
山口県宇部市大字小串字沖の山1980番地  
宇部興産株式会社機械・エンジニアリング  
事業本部内